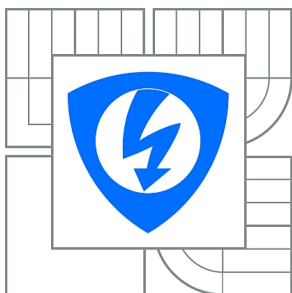




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**
ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

ANALOGOVÝ INDIKÁTOR S MIKROKONTROLÉREM

ANALOG DISPLAY WITH MICROCONTROLLER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

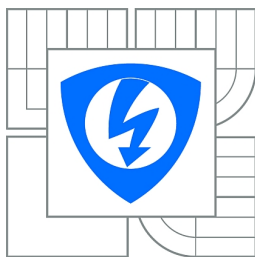
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MICHAL FIALA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. ZDENĚK BRADÁČ, Ph.D.

BRNO 2012



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Automatizační a měřicí technika

Student: Michal Fiala

ID: 125416

Ročník: 3

Akademický rok: 2011/2012

NÁZEV TÉMATU:

Analogový indikátor s mikrokontrolérem

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhněte koncepci grafické zobrazovací jednotky LCD pro zobrazování stavu analogových vstupních veličin 0-10V. Systém navrhněte jako miniaturní systém vybavený mikrokontrolérem řady I51 a analogovým vstupem. Navrhněte elektroniku, realizujte DPS, osadte a oživte. Vybavte programovým vybavením, otestujte a předvedte funkčnost.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Pavel Herout: Učebnice jazyka C, KOPP, 2004, IV. přepracované vydání, ISBN 80-7232-220-6
Dle pokynů vedoucího práce.

Termín zadání: 6.2.2012

Termín odevzdání: 28.5.2012

Vedoucí práce: doc. Ing. Zdeněk Bradáč, Ph.D.

Konzultanti bakalářské práce:

doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá problematikou měření napětí. V práci jsou stručně popsány základní typy analogových měřicích přístrojů a jejich principy. V sekci věnující se číslicovým měřicím přístrojům jsou především blíže přiblíženy nejběžnější druhy A/D převodníků.

Dále jsou popsány parametry komponentů použitých k realizaci žádaného měřicího přístroje a jejich zapojení do obvodu.

Poslední část se věnuje programovému vybavení přístroje, ovládání jednotlivých součástí a zpracování naměřených dat.

Summary

The bachelor thesis deals with subject of voltage measurement. In this project are briefly described basic types of measurement instruments and their principles. In the part dedicated to digital meters are described principles and function of A/D converters. Then are described parameters of components used in design of desired measurement instrument and their connection to electric circuit.

Last part is dedicated to software of the instrument, control of its parts and processing of measured data.

Klíčová slova

Voltmetr, digitální, měření, mikrokontrolér, displej, konstrukce, návrh, AT89C51ED2, MCP3202, ATM12864D.

Keywords

Voltmeter, digital, measurement, microcontroller, display, construction, design, AT89C51ED2, MCP3202, ATM12864D.

Bibliografická citace

FIALA, M. *Analogový indikátor s mikrokontrolérem*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2012. 44 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Zdeněk Bradáč, Ph.D..

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Analogový indikátor s mikrokontrolérem jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

.

V Brně dne 25. května 2012

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Zdeňku Bradáčovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne 25. května 2012

.....
podpis autora

Obsah

Zadání	2
Abstrakt.....	3
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah	7
Seznam obrázků.....	9
Seznam tabulek	9
Úvod.....	10
1 Druhy měřicích přístrojů	11
1.1 Obecné požadavky	11
1.2 Analogové měřicí přístroje	11
1.2.1 Magnetoelektrické měřicí ústrojí	11
1.2.2 Feromagnetické měřicí ústrojí	12
1.2.3 Elektrodynamické měřicí ústrojí	13
1.3 Číslicové měřicí přístroje	14
1.3.1 Komparační A/D převodníky	14
1.3.2 Kompenzační A/D převodníky	15
1.3.3 Integrační A/D převodníky	16
2 Realizace.....	19
2.1 Koncepce	19
2.2 Použité komponenty	20
2.2.1 Procesor	20
2.2.2 A/D převodník	20
2.2.3 USB rozhraní.....	21
2.2.4 Displej.....	21
2.3 Návrh plošného spoje	22
2.4 Rozložení na DPS	22
3 Oživení	24
3.1 Osazení a ověření funkce	24
3.2 Komunikace s procesorem	24

3.3	Ovládání displeje	24
3.3.1	Stručný přehled	24
3.3.2	Princip komunikace	25
3.3.3	Zápis dat / instrukce do řadiče displeje	26
3.3.4	Programové zapnutí/vypnutí displeje	27
3.3.5	Nastavení počátečního řádku	27
3.3.6	Inicializace displeje	27
3.3.7	Znaková sada	28
3.3.8	Nastavení řádku displeje	29
3.3.9	Nastavení sloupce displeje	29
3.3.10	Výpis znaku na displej	30
3.3.11	Výpis řetězce na displej	30
3.3.12	Výpis numerické hodnoty na displej	30
3.4	A/D převodník	31
3.4.1	Parametry A/D převodníku	31
3.4.2	Kalibrace vstupního obvodu	32
3.4.3	Stručný přehled komunikace	32
3.4.4	Přehled funkcí jednotlivých registrů	33
3.4.5	Realizace komunikace s A/D převodníkem	34
4	Programové vybavení	36
4.1	Uživatelské rozhraní	36
4.2	Zpracování naměřených hodnot	37
	Závěr	38
	Seznam literatury	39
	Přílohy	41

Seznam obrázků

Obrázek 1.1 : Magnetoelektrické měřicí ústrojí [13].....	11
Obrázek 1.2 : Feromagnetické měřicí ústrojí [14].....	12
Obrázek 1.3 : Elektrodynamické měřicí ústrojí [15]	13
Obrázek 1.4 : Paralelní A/D převodník [16].....	14
Obrázek 1.5 : Kompenzační A/D převodník s postupnou aproximací [17].....	15
Obrázek 1.6 : Integrační A/D převodník [17].....	16
Obrázek 1.7 : A/D převodník s dvojitou integrací [18]	17
Obrázek 1.8 : Sigma-delta převodník [17].....	18
Obrázek 2.1 : Blokové schéma navrhovaného přístroje	19
Obrázek 2.2 : Pouzdro procesoru AT89C51ED2 (PLCC44) [7].....	20
Obrázek 2.3 : Pouzdro a blokový diagram A/D převodníku MCP 3202 [6]	21
Obrázek 3.1: Vnitřní schéma zapojení displeje ATM12864D [9].....	26
Obrázek 3.2: Vzor znakové sady [19]	29
Obrázek 3.3: Závislost efektivního počtu bitů na frekvenci vstupního signálu [6].....	32
Obrázek 3.4: Blokové schéma vnitřního zapojení A/D převodníku [6]	33
Obrázek 3.5: Časový průběh komunikace s A/D převodníkem v Master modu [6].....	35
Obrázek 4.1: Struktura ovládání programu.....	36
Obrázek 4.2: Blokový diagram běhu programu.....	37
Příloha 1: Schéma zapojení desky	41
Příloha 2: Návrh DPS	42
Příloha 3: Aktualizované schéma zapojení desky.....	43
Příloha 4: Aktualizovaný návrh DPS.....	44

Seznam tabulek

Tabulka 2.1: Přehled použitých součástek.....	23
Tabulka 3.1: Přehled připojení displeje ATM12864D	25
Tabulka 3.2: Zapnutí/vypnutí displeje	27
Tabulka 3.3: Nastavení počátečního řádku displeje	27
Tabulka 3.4: Instrukce pro ovládání displeje [9]	28
Tabulka 3.5: Nastavení pracovního řádku displeje.....	29
Tabulka 3.6: Nastavení pracovního sloupce displeje.....	29
Tabulka 3.7: Elektrická charakteristika A/D převodníku MCP3202.....	31
Tabulka 3.8: Rozložení registru SPCON [7]	33
Tabulka 3.9: Rozložení registru SPSTA [7]	34

Úvod

Problematika měření napětí je jednou ze základních otázek elektrotechniky. Napětí je základním nosičem elektrické informace, ať už se jedná o analogovou (spojitou) či logickou hodnotu (diskrétní). Využití měření napětí je všestranné ať už jde o diagnostiku různých zařízení, či zpracování výstupu čidel.

Existují dva druhy měřících přístrojů. Prvním jsou analogové měřicí přístroje – u nich je velikost měřené veličiny převáděna na výchylku ručičky. Tato koncepce je starší a využívá fyzikálních jevů ke vzniku síly působící na mechanické ústrojí. Hlavní nevýhodou analogových měřících přístrojů jsou velké rozměry a nutnost počítat se setrvačností mechanického ústrojí při konstrukci zařízení.

Druhým typem jsou digitální měřicí přístroje. U těchto přístrojů dochází k převodu měřené veličiny na digitální informaci, která je dále zpracovávána. Při použití tohoto řešení jsou výsledné vlastnosti závislé především na typu A/D převodníku a jeho parametrech.

V rámci této práce má být navržen, oživen a naprogramován jednoduchý měřicí přístroj, zajišťující zobrazení měřené veličiny na maticovém displeji. Přístroj je určen k měření napětí v rozsahu 0-10V a proudu v rozsahu 4-20mA. V práci jsou popsány principy datové komunikace s displejem a A/D převodníkem a následné zpracování naměřených dat. Pro případ zpracování dat ze senzorů fyzikálních veličin by mělo být možné změnit zobrazovaný rozsah hodnot a k nim náležící jednotku.

1 Druhy měřicích přístrojů

1.1 Obecné požadavky

Základním předpokladem každého voltmetru je velký vstupní odpor, který zajistí minimální ovlivnění obvodu při paralelním připojení voltmetru. Pasivní voltmetry (bez vlastního zdroje energie) by měly být navíc konstruovány taky, aby co nejméně zatěžovaly měřený obvod.

1.2 Analogové měřicí přístroje

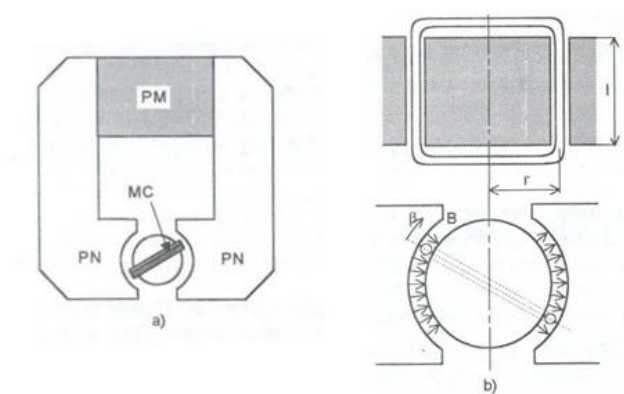
Velikost měřené veličiny je převáděna na výchylku mechanického ústrojí. Volba měřicího rozsahu se provádí změnou předřadného odporu. Mezi nevýhody těchto přístrojů patří jejich dynamika, která zpomaluje reakci systému na změnu měřené hodnoty a komplikuje celkovou konstrukci.

Každé mechanické měřicí ústrojí obsahuje direktivní pružiny, které svým silovým působením vrací ukazatel do výchozí polohy. Proti síle těchto pružin působí elektromagnetické síly při toku proudu ústrojím, čímž dochází k výchylce ukazatele.

1.2.1 Magnetoelektrické měřicí ústrojí

Magnetoelektrické měřicí ústrojí se skládá z měřicí cívky uložené uvnitř vzduchové mezery permanentního magnetu. Výchylka ručičky je přímo úměrná síle působící na měřicí cívku, tedy je přímo úměrná proudu protékajícímu cívkou. Otočná část je uložena na hřídeli, která může být i odpružená (modernější konstrukce).

Obrázek 1.1 : Magnetoelektrické měřicí ústrojí [13]



$$F = B \cdot I \cdot l \cdot N \quad (\text{N}) \quad (2.1)$$

,kde je

B	magnetická indukce magnetu	(T)
I	proud protékající cívkou	(A)
l	aktivní délka vodiče	(m)
N	počet závitů	(-)

Vzhledem k dynamice systému je magnetoelektrické měřicí ústrojí vhodné pro měření stejnosměrných, nebo pomalu se měnících veličin. Při příliš rychlé změně měřené veličiny není přístroj schopen ji přesně sledovat a ukazuje její průměrnou hodnotu. V případě střídavého signálu je tedy zobrazovaná hodnota střední hodnotou signálu.

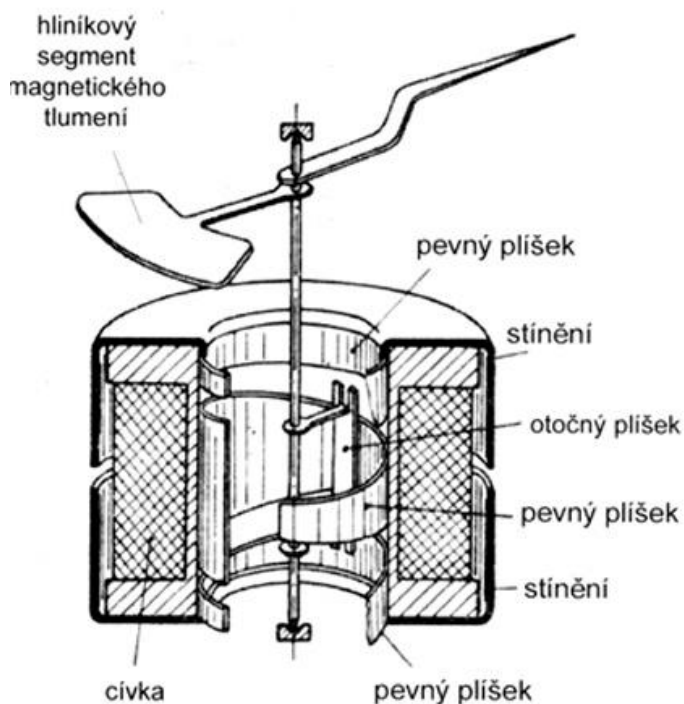
Tato konstrukce je velmi výhodná z pohledu vlastní spotřeby samotného zařízení, která se pohybuje v jednotkách miliwattů.

1.2.2 Feromagnetické měřicí ústrojí

Feromagnetické měřicí ústrojí se skládá z cívky, kterou protéká měřený proud, a feromagnetického ústrojí uloženého uvnitř této cívky. Ústrojí se skládá se dvou feromagnetických plíšků, kdy jeden je pevně uchycen k cívce a druhý je spojen s osou otáčení ukazatele. Výchylka ukazatele je tedy závislá na síle, kterou na sebe působí zmagnetizované feromagnetické plíšky. Pohybový moment způsobený vzájemným působením plíšků je úměrný druhé mocnině proudu protékajícího cívkou. Tato závislost je pro potřeby měření značně nevýhodná (stupnice by musela mít kvadratický průběh). Linearizace lze celkem uspokojivě dosáhnout vhodnou volbou tvaru feromagnetických plíšků.

U feromagnetických voltmetrů dochází s narůstajícím kmitočtem k záporné chybě měření vlivem poklesu napětí na svorkách voltmetru. Tuto chybu lze zmenšit zvětšením předřadného odporu voltmetru. Vlastní spotřeba tohoto ústrojí činí asi 1 W.

Obrázek 1.2 : Feromagnetické měřicí ústrojí [14]



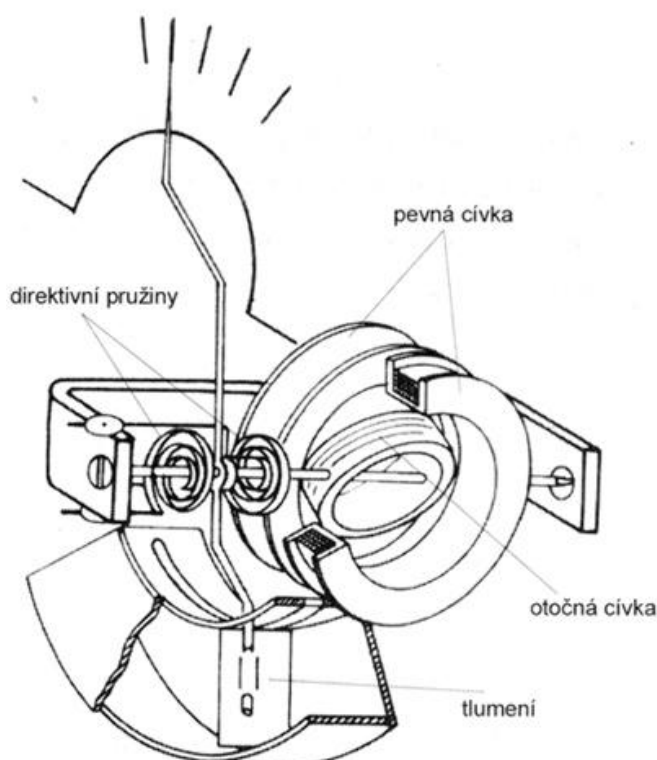
1.2.3 Elektrodynamické měřicí ústrojí

Elektrodynamické měřicí ústrojí se skládá ze dvou cívek (pevné a pohyblivé) protékaných proudem. Pokud je pevná cívka vzduchová, nazýváme ústrojí elektrodynamické. Pokud je pevná cívka navinuta na feromagnetický obvod, nazýváme ústrojí ferodynamické. Nevýhodou této konstrukce je velká vlastní spotřeba, která se pohybuje v jednotkách wattů.

Tato ústrojí lze využít při konstrukci ampérmetrů a voltmetrů všech tříd přesnosti - především při konstrukci velmi přesných měřicích ústrojí, která slouží jako referenční přístroje.

V dnešní době se toto ústrojí využívá téměř výhradně ke konstrukci wattmetrů pro měření výkonu stejnosměrného a střídavého proudu.

Obrázek 1.3 : Elektrodynamické měřicí ústrojí [15]



1.3 Číslicové měřicí přístroje

V číslicových měřicích přístrojích dochází k převodu měřeného napětí na digitální informaci, která je dále procesorově zpracována. Vlastnosti číslicového měřicího přístroje tedy závisí především na provedení vstupů a typu převodníku, který je v zařízení použit. V této sekci budou popsány jednotlivé typy A/D převodníků.

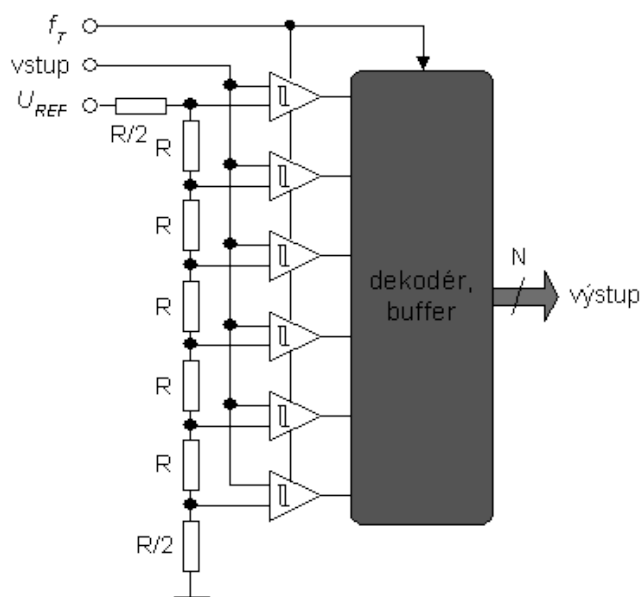
1.3.1 Komparační A/D převodníky

Funkce komparačních A/D převodníků je založena na porovnávání zkoumané hodnoty napětí s napětíovou referencí převodníku. Podle způsobu porovnání dělíme komparační převodníky na paralelní a s postupnou komparací. Rychlost převodu je řádově v 1 MS/s.

1.3.1.1 Paralelní

U paralelního převodníku probíhá celý převod hodnoty v jediném kroku. Paralelní převodníky díky tomu dosahují velmi velké rychlosti převodu. Jejich hlavní nevýhodou je požadavek na vysokou přesnost odporové sítě, která slouží jako dělič referenčního napětí pro jednotlivé snímané úrovně. Pro n -bitový převodník dále platí, že musí obsahovat $n-1$ komparátorů. Kvůli těmto vlastnostem jsou paralelní převodníky poměrně drahé a mají malé rozlišení.

Obrázek 1.4 : Paralelní A/D převodník [16]



1.3.1.2 S postupnou komparací

Vznikl jako snaha o zjednodušení paralelního převodníku. Skládá se z více nezávislých komparátorů, kdy zůstatková hodnota po komparaci je zesílena a v dalším kroku zpracována dalším komparátorem. Tyto A/D převodníky si zachovaly vysokou rychlost převodu při značném snížení počtu potřebných komparátorů.

1.3.2 Kompenzační A/D převodníky

Tyto převodníky zpětnovazebně porovnávají měřené napětí s výstupní hodnotou A/D převodníku (získanou zpět pomocí D/A převodníku), dokud se rozdíl napětí nedostane pod stanovenou hodnotu. Kompenzační převodníky dosahují rychlosti převodu řádově 100 kS/s.

1.3.2.1 Čítací

V obvodu je zapojen čítač, který se při spuštění vynuluje a postupně zvyšuje svou hodnotu o 1, dokud není vypnut komparátorem při dosažení shody napětí měřeného a zpětnovazebního.

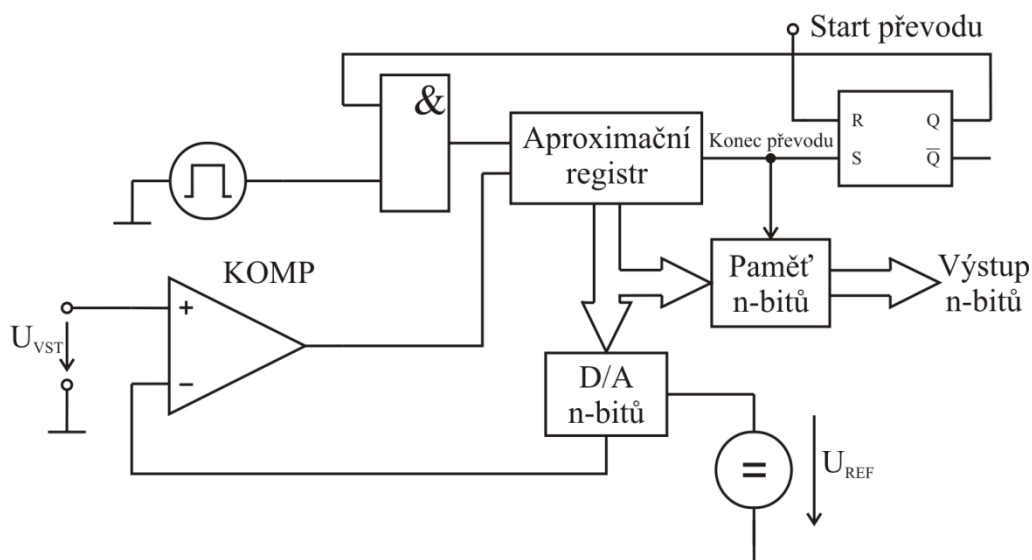
1.3.2.2 Kompenzační sledovací

Stejný princip jako čítací převodník, pouze je schopen svou hodnotu zvyšovat i snižovat podle stavu komparátoru.

1.3.2.3 Spotupnou aproximací

V prvním kroku se zkusmo nastaví první bit převodníku (MSB) na 1 a podle výstupu komparátoru se poté buď vynuluje, nebo zůstane nastaven na 1 a přechází se k dalšímu bitu, u kterého se celý proces opakuje. Tento převodník musí být vybaven vzorkovačem a tvarovačem. Pro získání n -bitové informace je potřeba n cyklů převodníku. Běžné rozlišení těchto převodníků je 12 bitů.

Obrázek 1.5 : Kompenzační A/D převodník s postupnou aproximací [17]



1.3.3 Integrační A/D převodníky

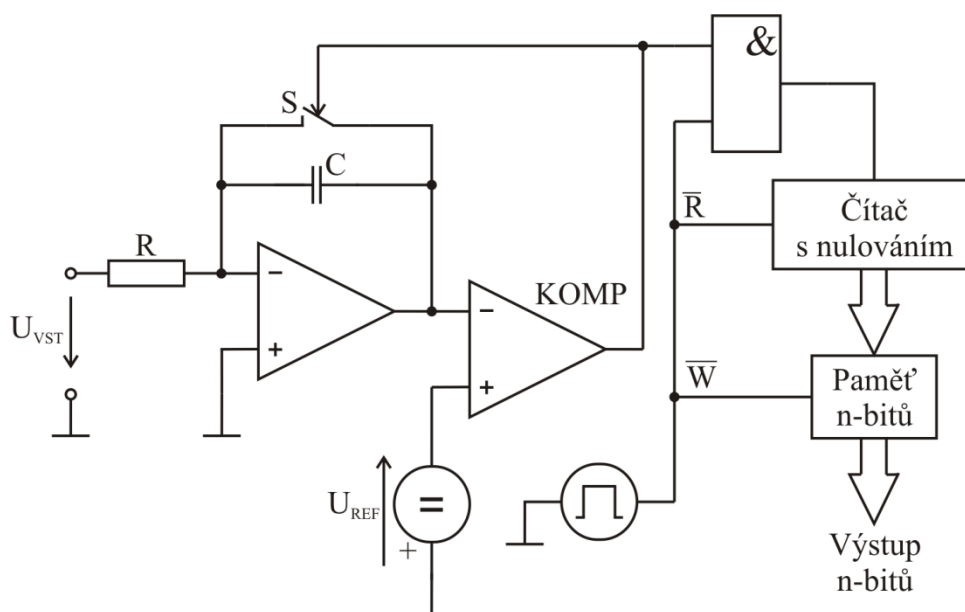
Hlavní výhodou integračních převodníků je potlačení harmonického rušení naindukovaného na měřeném signálu. Při dostatečně dlouhé době integrace dochází i k částečnému potlačení naindukovaného neharmonického šumu. Rychlost převodu integračních převodníků bývá 50 nebo 25 převodů za sekundu. Tato rychlost vyplývá z potřeby filtrovat rušení způsobené síťovou frekvencí 50Hz.

1.3.3.1 Převodník s jednoduchou integrací

Jedná se o nejjednodušší koncepci integračního převodníku. Mezi její hlavní nevýhody patří závislost na stálosti parametrů obvodu – především RC článku a hodinového signálu.

Čítačem je měřen počet cyklů potřebný k neintegrování hodnoty referenčního napětí. Ze známé neintegrované hodnoty a počtu cyklů čítače lze poté vypočítat hodnotu napětí na vstupu.

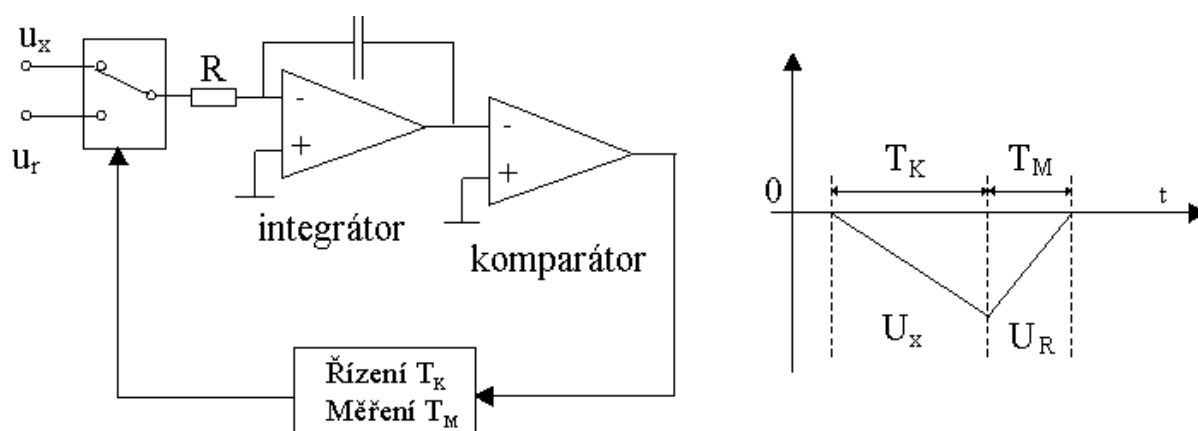
Obrázek 1.6 : Integrační A/D převodník [17]



1.3.3.2 Převodník s dvojitou integrací

V prvním kroku dochází k integrování měřeného napětí po předem stanovenou dobu. V druhém kroku je k integrátoru připojeno referenční napětí opačné polarity, než jakou má měřené napětí a hodnota na integrátoru je snižována, dokud nedosáhne nuly. V tu chvíli je převod ukončen a měřené napětí lze jednoduše vypočítat z velikosti referenčního napětí a poměru času (počtu cyklů čítače) potřebného k naintegrovaní a zpětnému odintegrovaní hodnoty integrátoru. Toto řešení zbavuje měřicí obvod závislosti na stálosti parametrů RC i přesnosti doby hodinového cyklu. Tyto převodníky dosahují rozlišení do 16 bitů.

Obrázek 1.7 : A/D převodník s dvojitou integrací [18]



1.3.3.3 Sigma-delta převodník

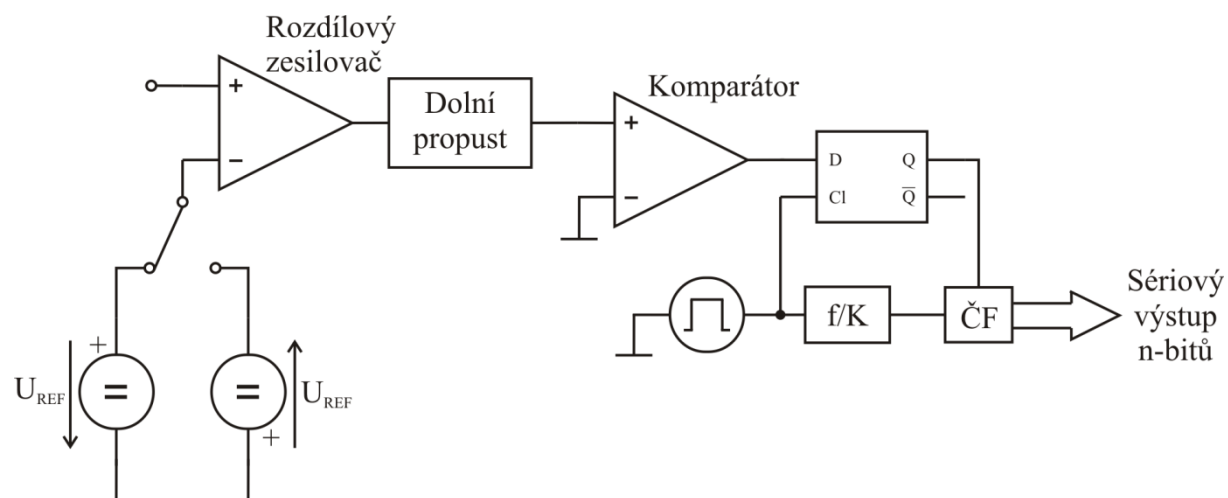
Funkce sigma-delta převodníku je založena na porovnávání doby nárůstu a poklesu hodnoty integrátoru.

Na neinvertující vstup rozdílového zesilovače je přiveden měřený signál. V prvním kroku je na invertující vstup přivedeno referenční napětí jedné polarity. Následně probíhá integrace a napětí na výstupu integrátoru je komparátorem porovnáváno s nulovým potenciálem. Výstup komparátoru je zapisován do paměti a následně zpracováván.

Po dokončení integrace je na invertující vstup připojeno referenční napětí opačné polarity a celý proces se opakuje.

Následně je číslicově zpracováván údaj o dobách integrace. Z poměru těchto časů lze vypočítat velikost měřeného napětí i jeho polaritu. Sigma-delta A/D převodník nabízí nejlepší rozlišení z běžně dostupných převodníků. Velmi dobrého rozlišení je dosaženo díky možnosti modulovat šum tak, aby co nejméně zasahoval do měřené oblasti. Díky tomu lze dosáhnout rozlišení až 24 bitů.

Obrázek 1.8 : Sigma-delta převodník [17]



2 Realizace

2.1 Koncepce

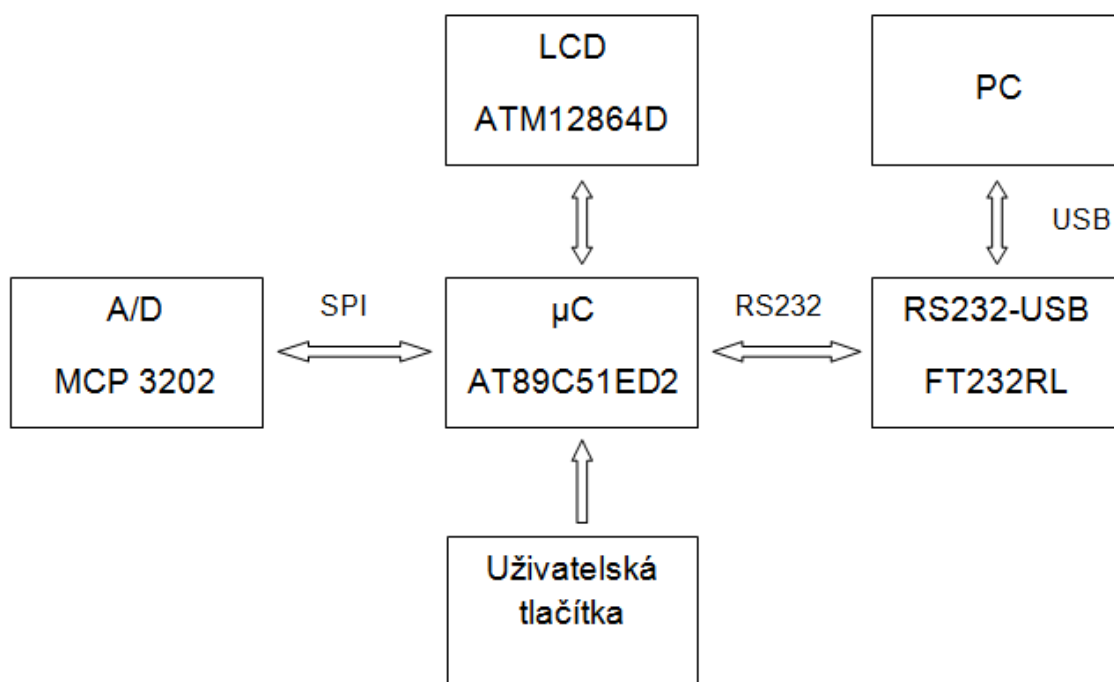
Ke konstrukci voltmetru je využito mikroprocesoru z rodiny Intel 8051, A/D převodníku snímajícího napětí na vyváženém děliči a pro analogové zobrazení měřené veličiny je využito grafického LCD displeje.

Zařízení může být napájeno ze zdroje stejnosměrného napětí 24V nebo 12V. Tato napětí jsou dále převedena na 5V potřebných pro funkci zařízení. K tomuto účelu je využito DC-DC převodníků kvůli snížení ztrát. Navíc je v zařízení ještě referenční zdroj napětí 5V určený pro napájení A/D převodníku.

Na desce je dále umístěn konektor USB a převodník FT232 zajišťující komunikaci.

Pro uživatelské ovládání zařízení je přímo na desce umístěno 8 tlačítek. Dále je třeba samostatně vyvést tlačítko pro piny procesoru RESET a PSEN, které jsou potřebné pro přepnutí zařízení do programovacího režimu.

Obrázek 2.1 : Blokové schéma navrhovaného přístroje



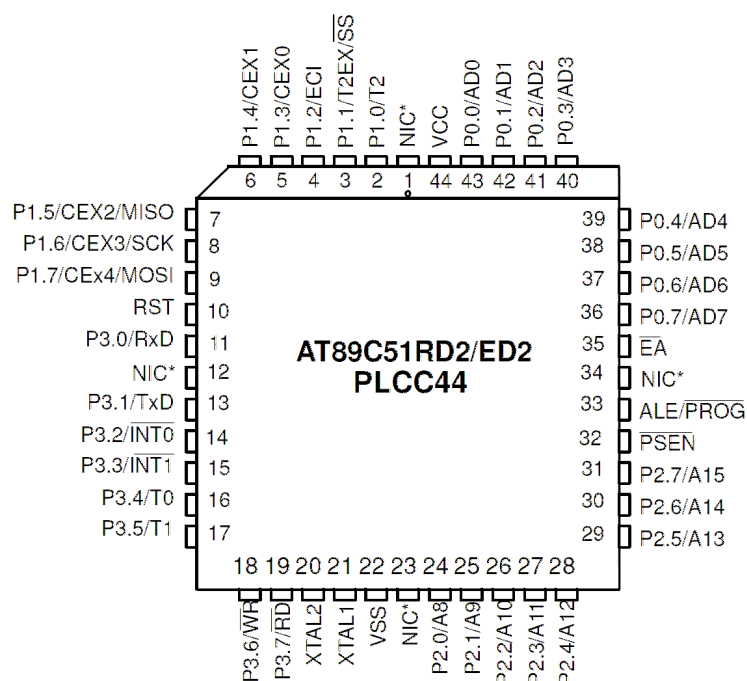
2.2 Použité komponenty

2.2.1 Procesor

Dle zadání je v zařízení použit procesor typu I51. Konkrétně jde o AT89C51ED2 od společnosti Atmel. Jedná se o 8bitový mikrokontrolér s 64kB Flash pamětí. Použitý procesor je v pouzdře PLCC 44 a nachází se na něm čtyři 8bitové porty.

Tento procesor pracuje na maximální frekvenci 60MHz a má vestavěny 4 interní časovače. Je vybaven jednotkou UART a rozhraním SPI. Dále se na procesoru nacházejí dva piny, které mohou sloužit jako zdroj externího přerušení.

Obrázek 2.2 : Pouzdro procesoru AT89C51ED2 (PLCC44) [7]



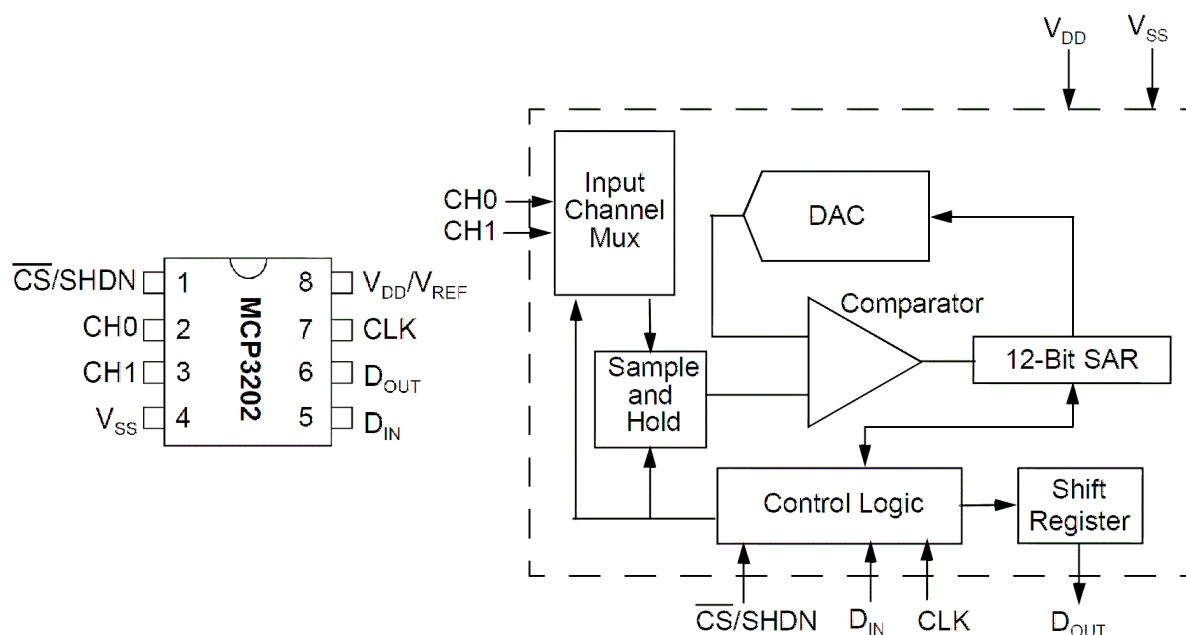
Tento procesor obstarává veškeré funkce zařízení – zpracovává data z A/D převodníku, vykresluje data na LCD a zajišťuje komunikaci s PC.

2.2.2 A/D převodník

V přístroji byl použit převodník MCP 3202 od firmy Microchip Technology. Jedná se o 12bitový A/D převodník s postupnou aproximací. Jeho maximální vzorkovací frekvence je 100 kS/s. Přesnost tohoto převodníku je ± 1 LSB při napájení 5V. Použitý kus je v pouzdře DIL8.

Převodník je vybaven dvěma nezávislými vstupními kanály pro napětí do 5V. Při této konkrétní realizaci nám tato konfigurace umožňuje použít jeden kanál k měření napětí a druhý pro měření proudu.

Obrázek 2.3 : Pouzdro a blokový diagram A/D převodníku MCP 3202 [6]



Vzhledem ke konstrukci A/D převodníku je napájecí napětí zároveň napětíovou referencí pro srovnání. Je tedy potřeba použít referenční zdroj schopný dodat minimálně 550 μ A (maximální proud při napájení 5V).

Při měření napětí v rozsahu 0-10V je 12bitový převodník schopný teoreticky rozlišit 4096 úrovní napětí, což by zajišťovalo rozlišení 2,5mV. V praxi je rozlišovací schopnost nižší vzhledem k nepřesnosti převodu (v tomto případě 1LSB).

2.2.3 USB rozhraní

Procesor disponuje pouze sériovým rozhraním RS232. Vzhledem k zastaralosti tohoto rozhraní je využito čipu FT232RL, který slouží jako převodník sériové linky RS232 na USB, které je v dnešní době mnohem lepší volbou pro komunikaci s PC.

2.2.4 Displej

V zařízení je použit displej ATM12864D. Jedná se o maticový LCD displej s rozlišením 128x64 bodů. Displej má nezávisle napájené podsvícení a vestavěný řadič pro ovládání zobrazovací matice. Displej nedisponuje vlastní znakovou sadou.

2.3 Návrh plošného spoje

Při konstrukci bylo využito SW pro návrh plošných spojů Eagle.

Bylo potřeba dodržet několik požadavků na vstupní konektory – především zajistit ochranu proti přepětí a přepólování vstupů. Těchto vlastností bylo dosaženo vhodným umístěním Zenerových diod ve vstupním napěťovém děliči, ze kterého je přiváděno požadované napětí na A/D převodník. Dále je třeba dodržet požadavek na vstupní odpor jednotlivých vstupů. Správných hodnot je docíleno vhodnou volbou odporů a trimru souzřícího k dovážení děliče. Pro napěťový vstup byl zvolen vstupní odpor $21\text{M}\Omega$, pro proudový vstup 500Ω . Jako vhodné mechanické provedení konektorů byly vybrány konektory typu CINCH, jelikož mají kompaktní rozměry a zároveň nabízí dostatečně robustní provedení.

A/D převodník je k displeji připojen po rozhraní SPI, převodník FT232RL komunikuje s procesorem přes rozhraní RS232 (dvouvodičová komunikace TXD/RXD).

Uživatelská tlačítka jsou připojena na port 0 a přes 8vstupý NAND jsou propojena s pinem vnějšího přerušení INT0 – tímto zapojením je umožněno obsluhu tlačítek při stisknutí, bez nutnosti periodicky kontrolovat stav portu 0. Ke každému tlačítku je přiřazen nezávislý pull-up rezistor.

Displej je připojen k procesoru 13 vodiči. 8 vodičů je datových a jsou připojeny na port 2. Zbýlých 5 vodičů je řídicích a jsou připojeny na port 3.

Dále se na desce nacházejí tlačítka potřebná pro přepnutí procesoru do programovacího režimu (RESET a PSEN).

Napájení desky je možné z 12V nebo 24V zdroje. Napětí 24V je DC-DC měničem sníženo na 12V. 12V je dále pulzním stabilizátorem sníženo na 5V potřebných k napájení obvodu. K 12V větvi je dále připojen referenční zdroj napětí 5V (max. 1mA) pro A/D převodník (max. spotřeba při 5V činí $550\mu\text{A}$).

Celé schéma zapojení je možné vidět v Příloze 1.

2.4 Rozložení na DPS

Měřicí vstupy i A/D převodník byly umístěny do levého horního rohu desky tak, aby byla minimalizována délka cest měřeného signálu a tím minimalizováno rušení. Uprostřed na levé straně je umístěn konektor USB pro komunikaci s počítačem a přímo u něj je i čip FT232RL. V levém dolním rohu desky jsou umístěny vstupy napájení a k nim náležící obvody.

Uprostřed desky je umístěn displej a pod ním je uložen procesor. Nad displejem a vedle displeje vpravo jsou rozmístěna jednotlivá uživatelská tlačítka.

Kompletní návrh desky je přiložen v Příloze 2.

Tabulka 2.1: Přehled použitých součástek

Typ	Hodnota	ks	Označení na desce
1N4148SMD1206		4	D2, D3, D4, D5
1N5818		2	D1, D8
10-XX		2	PSEN, RESET
JP1E		1	USB_PWR
JP2E		1	DISP_PWR
LEDCHIPLED_0805		3	LED_POWER, LED_RX, LED_TX
TR5		2	F1, F2
PT-10_H-STOJ	1M	1	P2
R-EU_M1206	1	1	R26
R-EU_0207/10	1k	1	R6
R-EU_M1206	1k2	1	R32
R-EU_M1206	3k6	1	R33
R-EU_0207/10	4R7	1	R_DISP2
D-ZENEROVA_1,3W_BZX85V	5V6	2	DZ1, DZ2
R-EU_0207/10	10	1	R_DISP1
R-EU_0207/10	10M	2	R2, R3
PT-10_V-LEZ	10k	2	P3, P4
R-EU_M0805	10k	8	R_B0 až R_B7
R-EU_R1206	10k	3	R1, R_PSEN, R_RST
C-EUC0805	10n	8	C_B0 až C_B7
CPOL-USE2-5	10u	1	C13
CRYSTALHC49S	20MHz	1	Q1
C-EUC0805	22p	15	C8, C9, C17 až C29
74HC30D		1	IC5
PT-10_H-STOJ	100	1	P1
C-EUC1206	100n	8	C1, C2, C4, C5, C6, C10, C12, C14
CPOL-USE5-8.5	100u	2	C3, C11
R-EU_0207/10	200	2	R4, R5
CPOL-EUE2.5-5	220/10	1	C15
R-EU_R1206	270	2	R_RX, R_TX
R-EU_M1206	470	1	R_LED_POWER
C-EUC1206	470p	1	C16
AT89S51-S		1	IC1
ATM12864D		1	U\$1
BZX85S	6V2	1	D39
CINCH		2	CON_I, CON_U
FT232RL		1	IC4
LM336LP		1	IC3
MC34063AD		1	IC6
MCP3202P		1	IC2
PWRCON1A		2	PWR_CON_12V, PWR_CON_24V
SS16		1	D34
P-B1720		8	SW0 až SW7
TL-SMT75R		1	L1
TMR2412		1	U\$3
USB-B-H		1	USB_CON1

3 Oživení

3.1 Osazení a ověření funkce

Profesionálně vyrobená deska plošných spojů byla osazena ručně za použití vývodových i SMD součástek. Po osazení byla deska připojena ke zdroji napětí 12V a proběhla kontrola výstupního napětí pulzního stabilizátoru a napětí na vývodech k jednotlivým zařízením na desce. Poté byl do desky vložen procesor a A/D převodník.

Po vložení procesoru bylo možno pokračovat ověřením funkce převodníku FT232RL. Zde se vyskytla první komplikace, jelikož nebylo možno dosáhnout synchronizace rozhraní USB. Tento problém byl vyřešen změnou napájení zmiňovaného převodníku, kdy byla přerušena napájecí cesta od pulzního stabilizátoru na desce a čip byl připojen k napájecímu pinu USB konektoru pomocí vodiče s feritovým prstencem. Zároveň bylo nutné propojit zemnicí signál rozhraní USB se zemí celého zařízení. Tyto úpravy byly zaneseny do aktualizovaného schématu desky, které je možno nalézt v příloze 3 a 4.

Po těchto úpravách již bylo možno navázat spojení s procesorem pomocí rozhraní USB a virtuálního ovladače pro RS232 na PC.

Posledním krokem ověření správného zapojení bylo vytvoření jednoduchého programu zajišťujícího obsluhu tlačítek na desce a změny hodnoty na rozhraní displeje v závislosti na stisku tlačítka. Touto cestou bylo ověřeno korektní zapojení a připojení tlačítek i rozhraní displeje.

3.2 Komunikace s procesorem

Komunikace s procesorem je realizována pomocí rozhraní USB a k němu připojenému převodníku FT232RL, který zajišťuje převod komunikace z USB na RS232. Pře rozhraní RS232 je již možné procesor přímo programovat, jelikož má vestavěný program BOOTLOADER. Jeho spuštění je realizováno současným stiskem tlačítek RESET a PSEN. Dále již je možné procesor programovat přímo z prostředí KEIL uVision3.

3.3 Ovládání displeje

3.3.1 Stručný přehled

ATM12864D je čistě grafický, podsvětlený displej bez vlastní znakové sady s rozlišením 128x64 obrazových bodů. Displej obsahuje celkem tři řadiče – dva jsou identické řadiče KS0108B, kdy každý ovládá jednu polovinu displeje (64x64 pixelů). Třetí řadič je KS0107B, který slouží k řízení zbylých dvou řadičů. Řadiče KS0108B obsahují vestavěnou paměť DDRAM, ze které jsou načítána zobrazovaná data. Na displej tedy není třeba data cyklicky zapisovat pro udržení zobrazovaných informací – tato operace je automaticky prováděna příslušnými řadiči.

3.3.2 Princip komunikace

Komunikace s displejem realizována pomocí 8 datových a 5 řídících vodičů. Datové vodiče jsou připojeny na port 2, řídící vodiče jsou připojeny k pinům 3-7 portu 3 a jsou jimi přenášeny signály E, R/W, D/I, CS1 a CS2. Vzhledem k odděleným signálům CS1 a CS2 je možno zapisovat buď pouze na jednu polovinu, nebo synchronně na obě poloviny displeje záraz.

Pomocí signálu CS1 a CS2 lze vybrat, na kterou polovinu displeje má být informace zapisována. Je možno vybrat i obě poloviny zároveň, v takovém případě jsou data synchronně odesílána oběma řadičům KS0108B. Řadič je aktivní, pokud příslušný signál nabývá hodnoty log. 1.

Signálem R/W určujeme, zda má proběhnout čtení dat z displeje (log. 1), nebo zápis dat do displeje (log. 0). Signál D/I dále vybírá, zda hodnota zapsaná na vstup displeje je datovou informací určenou k zápisu do paměti displeje (log. 1), nebo se jedná o instrukci řadiče (log. 0).

Posledním řídícím signálem je E. Jedná se o hodinový signál, který určuje, kdy se na vstupních vývodech DB0-DB7 nachází platná data pro zápis do displeje. Tato data jsou zapsána při sestupné hraně hodinového signálu, která musí trvat nejméně 450ns.

V následující tabulce je stručný přehled zapojení displeje a popis jednotlivých vývodů, kterými je displej ovládán.

Tabulka 3.1: Přehled připojení displeje ATM12864D

Pin	Signál	Připojení	Význam
1	VSS	GND	Zemnicí signál pro logiku displeje.
2	VDD	VCC	Napájení logiky displeje.
3	V0		Vstup pro nastavení kontrastu displeje.
4	D/I	P3.6	Výběr mezi odesláním instrukce a dat. 0 – instrukce, 1 – data
5	R/W	P3.7	Výběr mezi čtením dat z displeje a zápisem. 0 – zápis, 1 – čtení
6	E	P3.5	Hodinový signál pro displej. Zápis hodnot z DB0-DB7 probíhá při sestupné hraně (přechod E z hodnoty log. 1 na log. 0).
7-14	DB0-7	P2	Data bit 0-7
15	CS1	P3.4	Výběr prvního řadiče. Aktivní v CS1=1.
16	CS2	P3.3	Výběr druhého řadiče. Aktivní v CS2=1.
17	RES	VCC	HW reset displeje, aktivní v RES=0.
18	VEE		Výstupní napětí z displeje. Využito pro nastavení kontrastu.
19	A	VCC	Kladný pól podsvětlení displeje. Připojeno přes odpor pro omezení proudu (volitelně 10R, nebo 4R7).
20	K	GND	Záporný pól podsvětlení displeje

[illegible]

Pro zjednodušení komunikace byly vytvořeny funkce `send_i(uchar CS, uchar instruction)` a `send_d(uchar CS, uchar c)` pro odeslání instrukce a odeslání dat se správným časováním. Každá z těchto funkcí má 2 vstupní parametry. Prvním je řadič, na který se má informace poslat (první, druhý, nebo oba). Druhým parametrem je samotná přenášená informace (jeden byte – nabývá tedy hodnot 0x00 – 0xFF).

26

3.3.4 Programové zapnutí/vypnutí displeje

Displej má vestavěnou instrukci zajišťující softwarové zapnutí/vypnutí displeje. Ve stavu vypnuto zůstávají dál zachována data uložená v DDRAM a při zapnutí displeje jsou opět vykreslena. Zapnutí a vypnutí se provádí změnou bitu X. Zobrazování na displeji je povoleno při X=1 a zakázáno při X=0.

Tabulka 3.2: Zapnutí/vypnutí displeje

D/I	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	1	1	1	1	1	X

Pro úspěšné zapnutí/vypnutí je třeba nastavit vývody displeje dle Tabulky 4.2 a vystavená data potvrdit sestupnou hranou signálu E, kdy jej nejprve nastavíme na log. 1, následně je třeba vyčkat nejméně 450us a nastavit signál zpět na log. 0.

3.3.5 Nastavení počátečního řádku

Displej nabízí možnost nastavit posunutí počátečního řádku (souřadnice x=0) o libovolný počet řádků. Toto nastavení je provedeno zápisem 6bitové informace (decimální hodnota 0-63).

Tabulka 3.3: Nastavení počátečního řádku displeje

D/I	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	1	1	X	X	X	X	X	X

Pro nastavení počátečního řádku je třeba vystavená data opět potvrdit cyklem hodinového signálu (sestupnou hranou signálu E).

3.3.6 Inicializace displeje

Při inicializaci je displej nejprve vypnut, poté opět zapnut a následně je mu zaslána instrukce, která nastavuje výchozí pozici na souřadnice [0,0]. Před započítím inicializace a mezi jednotlivými kroky je ponechána dostatečná rezerva pro start LCD a počáteční přijetí parametrů. Poté je celý obsah paměti displeje smazán funkcí `Clear_Lcd()`.

Displej je rozdělen na 8 řádků po 2x 64 sloupcích. Při zápisu dat je tedy proveden zápis celého bytu, který vyjadřuje 8 nad sebou ležících bodů displeje (jeden sloupec v řádku).

V následující tabulce jsou uvedeny všechny příkazy, které je displej schopen zpracovat. Signál RS je ekvivalentem dříve uváděného D/I. První dva řádky uvádí příkazy pro práci s daty, zbylé slouží k práci s instrukcemi displeje.

Tabulka 3.4: Instrukce pro ovládání displeje [9]

INSTRUCTION	RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0	FUNCTION
Read Display Date	1	1	Read data								Reads data (DB[7:0]) from display data RAM to the data bus.
Write Display Date	1	0	Write data								Writes data (DB[7:0]) into the DDRAM. After writing instruction, Y address is incremented by 1 automatically
Status Read	0	1	Busy	0	ON/OFF	Reset	0	0	0	0	Reads the internal status BUSY 0: Ready 1: In operation ON/OFF 0: Display ON 1: Display OFF RESET 0: Normal 1: Reset
Set Address (Y address)	0	0	0	1	Y address (0~63)						Sets the Y address at the column address counter
Set Display Start Line	0	0	1	1	Display start line (0~63)						Indicates the Display Data RAM displayed at the top of the screen.
Set Address (X address)	0	0	1	0	1	1	1	Page (0~7)			Sets the X address at the X address register.
Display On/off	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0/1	Controls the display ON or OFF. The internal status and the DDRAM data is not affected. 0: OFF, 1: ON

3.3.7 Znaková sada

Vzhledem k absenci vestavěné znakové sady displeje bylo nutné vytvořit softwarovou znakovou sadu. Jako předloha byla použita znaková sada nalezená na internetových stránkách p. Mašláne. [19]

Jedná se o znakovou sadu kompatibilní se základními znaky ASCII tabulky (velká a malá písmena, číslice a interpunkční znaménka). Dále se ve znakové sadě nachází i symboly, které v ASCII tabulce nejsou (české znaky, řecká písmena). Znaky mají rozměr 8x5 bodů. Každý znak je tedy zastoupen 5 byty ve vytvořené tabulce.

Tato znaková sada však musela být upravena, jelikož původně byla vytvořena v assembleru a nebyla tudíž vhodná pro použití v jazyce C. Jednotlivé znaky byly tudíž převedeny na hexadecimální hodnoty typu unsigned char.

Obrázek 3.2: Vzor znakové sady [19]



3.3.8 Nastavení řádku displeje

Displej má na výšku 64 obrazových bodů, které jsou rozděleny na 8 řádků o výšce 8 obrazových bodů. Pro volbu aktuálního řádku slouží jednoduchá instrukce, která nese 3bitovou informaci o zvoleném řádku (souřadnici X na displeji).

V následující tabulce je zobrazeno potřebné nastavení řídicích a datových vývodů displeje tak, aby bylo možno zvolit pracovní řádek displeje. Místo bitů X je doplněna hodnota 0-7 dle zvoleného řádku. Tato operace je provedena logickým součtem hodnoty 0xB8 (nastavení bitů DB3-DB7) s námi zvolenou hodnotou v rozsahu 0x00 až 0x07.

Tabulka 3.5: Nastavení pracovního řádku displeje

D/I	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	1	0	1	1	1	X	X	X

3.3.9 Nastavení sloupce displeje

Displej je rozdělen na 2x64 sloupců, kdy je možno vypisovat data buďto pouze na jedné polovině displeje, nebo synchronně na obě jeho poloviny. Volba aktivního sloupce probíhá pomocí k tomu určené instrukce. Instrukce v sobě nese 6bitovou hodnotu specifikující zvolený sloupec (souřadnici Y).

Základní hodnota instrukce je tedy 0x40. Místo bitů označených písmenem X je dosazena numerická hodnota 0-63 (hexadecimálně 0x00 až 0x3f), dle požadované volby.

Tabulka 3.6: Nastavení pracovního sloupce displeje

D/I	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	1	X	X	X	X	X	X

Při zápisu dat do několika po sobě jdoucích sloupců není třeba souřadnici Y postupně inkrementovat, jelikož je automaticky inkrementována po zápisu dat do paměti displeje. V případě zápisu dat do posledního sloupce (adresa 63) dochází k přetečení souřadnice Y zpět na hodnotu 0.

3.3.10 Výpis znaku na displej

Pro vypsání jednoho znaku na displej byla vytvořena funkce `WriteASCII(uchar x, uchar y, uchar ASCII)`, která má 3 vstupní parametry: prvním je adresa řádku (0-7), na který má být znak vypsán, druhým je adresa sloupce (0-123) a posledním parametrem je ASCII hodnota samotného znaku. Z adresy sloupce se dále výpočtem určuje, na který řádek a sloupec mají být data odeslána.

Funkce vynásobí hodnotu ASCII znaku pěti a následně vyčte 5 hodnot (jednotlivé sloupce znaku) z mnou vytvořeného pole a postupně je vypíše na displej na příslušné souřadnice znaku.

Díky tomuto postupu je zachována přímá návaznost hodnot v mnou vytvořené tabulce znaků na původní ASCII hodnotou znaku.

3.3.11 Výpis řetězce na displej

Pro výpis řetězce je v programu využita funkce `WriteString(uchar x, uchar y, uchar str[])`, pomocí které je vypsán požadovaný řetězec na předem definované souřadnice.

Vzhledem k existující funkci pro výpis znaku se jako nejjednodušší možnost pro výpis řetězce nabízelo využití funkce `WriteASCII()`. Do programu byla implementována knihovna `string.h`, aby bylo možno efektivně určit délku řetězce. Vzhledem k tomu, že je řetězec v jazyce C uložen jako pole znaků, stačilo následně cyklem `for` projít celé pole a jednotlivé znaky vypsát pomocí funkce `WriteASCII()`.

3.3.12 Výpis numerické hodnoty na displej

Pro výpis numerické hodnoty na displej byla vytvořena funkce `WriteInt(uchar x, uchar y, int cislo)`, která opět využívá předchozí funkce `WriteString()`. Aby však bylo možno tuto funkci využít, muselo být nejprve zajištěno převedení numerické hodnoty typu `integer` na ASCII znak. K tomuto účelu byla do programu implementována funkce `itoa(int value, char* str, int base)`, která zajišťuje konverzi hodnoty typu `integer` na řetězec znaků.

Navíc je možno parametrem base vybrat základ číselné soustavy, do které má být hodnota převedena.

Po převodu číselné hodnoty na řetězec je řetězec předán funkci `WriteString()`, která se stará o jeho výpis na displej.

3.4 A/D převodník

3.4.1 Parametry A/D převodníku

V zařízení je použit A/D převodník MCP3202 firmy Microchip Technology. Jedná se o dvoukanalový 12bitový A/D převodník s pracovním rozsahem 0-5V a vzorkovací frekvencí 100kS. Tento převodník umí zpracovávat dva nezávislé kanály, nebo jeden kanál v pseudodiferenciálním zapojení. Komunikace převodníku s procesorem je realizována pomocí rozhraní SPI. Maximální odběr převodníku při převodu je 550μA, klidový proud dosahuje maxima 5μA. Pro napájení byl použit referenční zdroj napětí 5V s maximálním proudem 1mA.

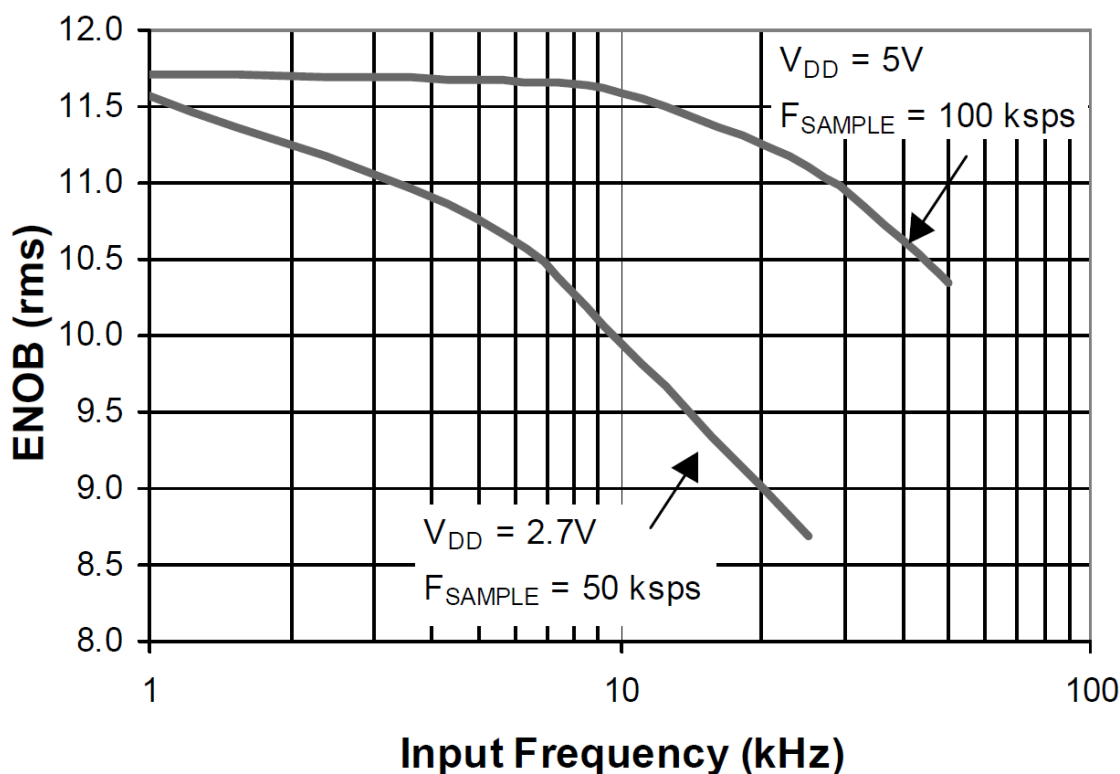
Vzhledem k 12bitovému rozlišení se výstupní hodnota nachází v číselném rozsahu 0-4095. Tento rozsah je pro potlačení nelinearit a chyb měření při zpracování omezen na 10 bitů. Číselně tedy odpovídá hodnotám 0-1023.

Dále je možno ovlivnit přesnost měření pomocí plovoucího průměrování naměřených hodnot, které je možno uživatelsky nastavit.

Tabulka 3.7: Elektrická charakteristika A/D převodníku MCP3202

Parametr	Symbol	Min	Typ	Max	Jednotka	Podmínky
Rozlišení		12			bits	
Vzorkovací frekvence	f_{SAMPLE}	-	-	100	kSps	$V_{\text{DD}} = V_{\text{REF}} = 5\text{V}$ $V_{\text{DD}} = V_{\text{REF}} = 2,7\text{V}$
		-	-	50	kSps	
Integrální nelinearita	INL	-	$\pm 0,75$	± 1	LSB	MCP3202-B MCP3202-C
		-	± 1	± 2	LSB	
Diferenciální nelinearita	DNL	-	$\pm 0,5$	± 1	LSB	
Pracovní frekvence	f_{CLK}	-	-	1,8	MHz	$V_{\text{DD}} = 5\text{V}$ $V_{\text{DD}} = 2,7\text{V}$
		-	-	0,9	MHz	
Pracovní napětí	V_{DD}	2,7	-	5,5	V	
Pracovní proud	I_{DD}	-	375	550	mA	$V_{\text{DD}} = 5\text{V}$
Klidový proud	I_{DDS}	-	0,5	5	mA	$\text{CS} = V_{\text{DD}} = 5\text{V}$
Pracovní teplota	T_{A}	-40	-	+85	°C	

Obrázek 3.3: Závislost efektivního počtu bitů na frekvenci vstupního signálu [6]



3.4.2 Kalibrace vstupního obvodu

Ke kalibraci je využito tří proměnných rezistorů. Jeden z nich je připojen ke zdroji referenčního napětí 5V a slouží k jeho kalibraci. Zbylé dva jsou zapojeny na středu napěťových děličů a slouží k jejich přesnému vyvážení.

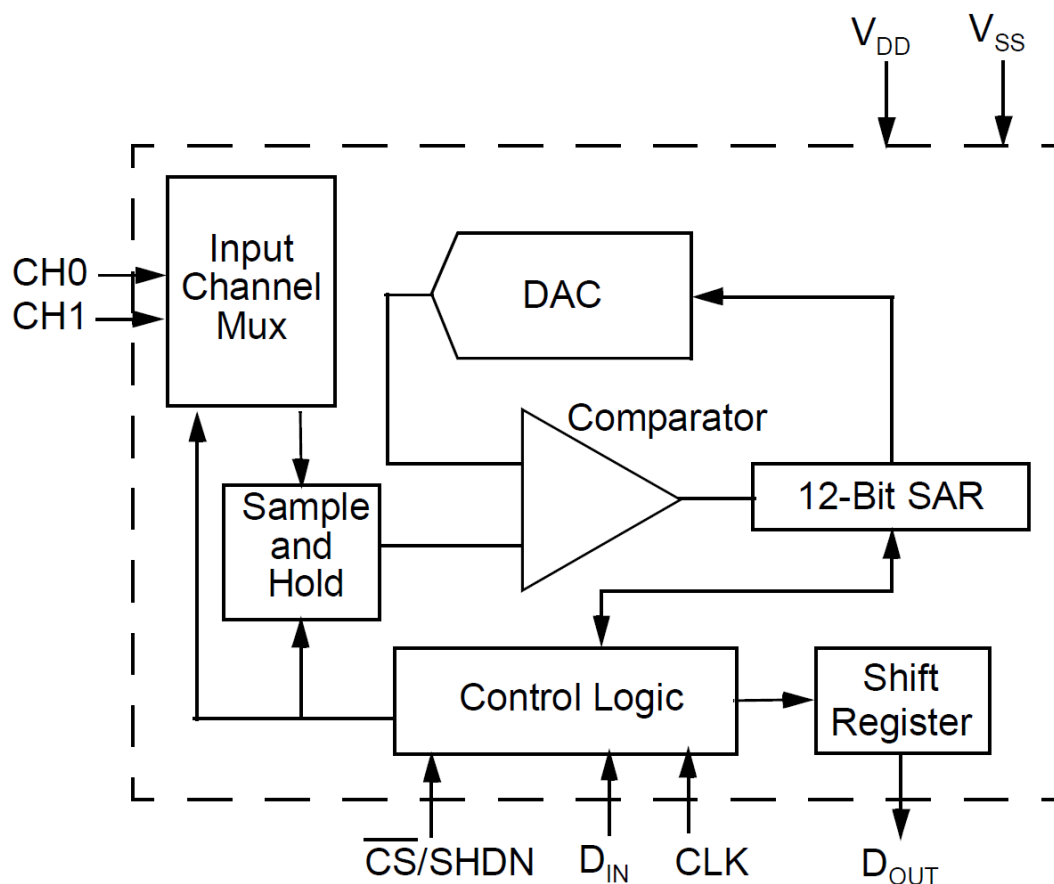
3.4.3 Stručný přehled komunikace

Tento převodník umí zpracovávat dva nezávislé kanály, nebo jeden kanál v pseudodiferenciálním zapojení. Komunikace převodníku s procesorem je realizována pomocí rozhraní SPI.

A/D převodník je připojen k procesoru 4 vodiči. Jedná se o vodiče CS, CLK, DIN a DOUT. Pomocí vývodu CS dochází ve stavu log. 1 k aktivaci A/D převodníku a ve stavu log.0 je převodník přepnut do režimu s nízkou spotřebou. Vývod CLK je připojen k hodinovému signálu řídicímu datový přenos po sběrnici. Vývody DIN a OUT slouží k přenosu dat oběma směry. Každý z těchto vývodů je propojen s odpovídajícím vývodem rozhraní SPI na procesoru (SS, CLK, MOSI, MISO).

Pro komunikaci po rozhraní SPI bylo využito vestavěné podpory v procesoru. K nastavení komunikace a její realizaci jsou použity registry SPCON, SPSTA a SPDAT.

Obrázek 3.4: Blokové schéma vnitřního zapojení A/D převodníku [6]



3.4.4 Přehled funkcí jednotlivých registrů

3.4.4.1 Registr SPCON

Registr SPCON slouží k nastavení režimu rozhraní SPI obsluhovaného procesorem.

Tabulka 3.8: Rozložení registru SPCON [7]

7	6	5	4	3	2	1	0
SPR2	SPEN	SSDIS	MSTR	CPOL	SPHA	SPR1	SPR0

Kombinací bitů SPR2, SPR1 a SPR0 lze nastavit poměr pracovní frekvence sériového rozhraní vůči pracovní frekvenci procesoru. Tento poměr lze nastavit v mocninách 2 v rozsahu 1/2-1/128 frekvence procesoru. Pro tuto realizaci byl zvolen poměr 1:128.

Bit SPEN slouží k povolení / zakázání rozhraní SPI. Pro povolení je jej třeba nastavit na hodnotu log. 1. Pomocí bitu SSDIS je možno zakázat (log. 1) či povolit (log. 0) signál SS rozhraní SPI. Bitem MSTR je realizována volba, zda má procesor na rozhraní SPI plnit funkci Master, nebo Slave. Bitem CPOL je nastavena logická hodnota signálu CLK v klidovém stavu. Bit SPHA poté určuje, zda mají být data z rozhraní SPI

načtena při opuštění či návratu signálu CLK do klidového stavu. Kombinací bitů SPOL a SPHA lze tedy nastavit, zda mají být data z rozhraní vyčtena při náběžné či sestupné hraně signálu.

3.4.4.2 *Registr SPSTA*

Registr SPSTA v sobě nese data o stavu komunikace a chybových stavech na rozhraní SPI. Kontrolou jeho stavu je možno nejjednodušeji určit, kdy je rozhraní SPI připraveno k další operaci.

Tabulka 3.9: Rozložení registru SPSTA [7]

7	6	5	4	3	2	1	0
SPIF	WCOL	SSERR	MODF	-	-	-	-

Bit SPIF určuje, zda dochází (nebo má dojít) k přenosu informace po sériovém rozhraní. Bit je nastaven na hodnotu log. 1, když je přenos dat dokončen. Bit WCOL indikuje, zda nedošlo na rozhraní SPI ke kolizi zápisu (obě strany rozhraní se pokusily zároveň zapsat data). Bitem SSERR je indikována chyba přenosu, kdy byl signál SS přerušen dříve, než byl ukončen přenos dat. Bit MODF indikuje nepřipustný stav signálu SS.

3.4.4.3 *Registr SPDAT*

Jedná se o 8 bitový sériový datový registr, určený k příjmu a odesílání dat, po rozhraní SPI. Při zápisu do tohoto registru jsou data přesunuta do posuvného registru, ze kterého jsou přímo vypisována na rozhraní SPI. Při čtení z tohoto registru jsou navracena data, která registr obsahuje bez ohledu na obsah vstupně-výstupního posuvného registru.

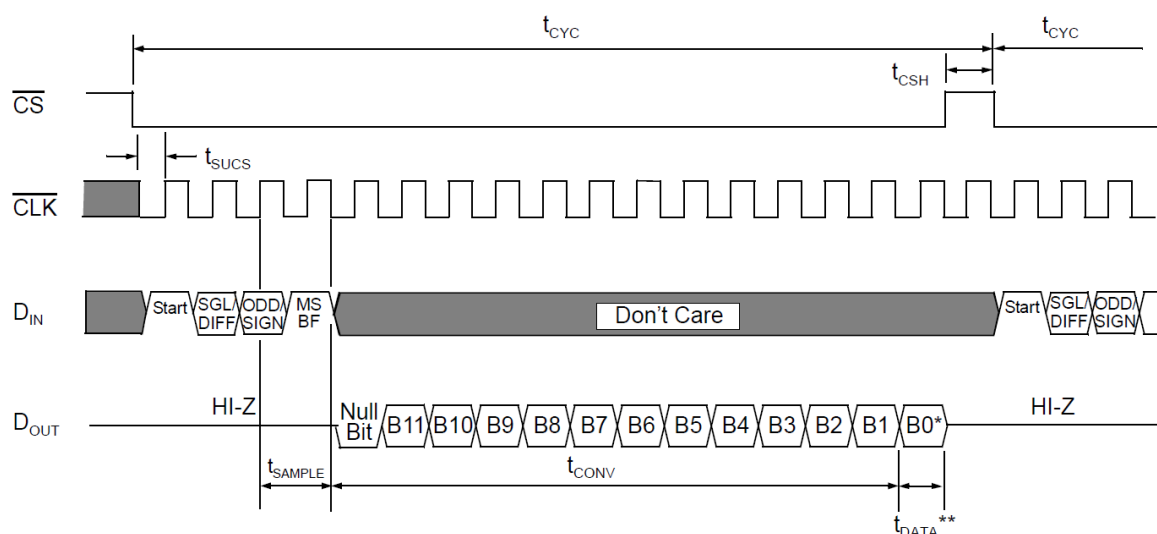
3.4.5 **Realizace komunikace s A/D převodníkem**

Při komunikaci je nejdříve odesláno 16 bitů (z toho 4 nesou informaci) směrem k A/D převodníku, čímž je nastaven jeho režim a způsob odesílání dat. Prvním bitem je START, který musí mít hodnotu log. 1. Bit SGL/DIFF definuje, zda má A/D převodník pracovat v jednoduchém (single-ended), nebo pseudo-diferenciálním režimu. V jednoduchém režimu se následně bitem ODD/SIGN vybírá, zda mají být data čtena z kanálu 0 nebo 1. Posledním bitem přenášeným k A/D převodníku je MSBF, který určuje, zda mají být navracená data ve formátu MSB (log. 1) nebo LSB (log. 0).

Následně je přijato 16 bitů – jeden nulový a 12 nesoucích informaci o převedeném napětí. Zbylé bity je možno zanedbat. Mezi každými dvěma převody musí být převodník vypnut a opět zapnut pomocí signálu CS, jinak není možno provést další převod.

Pro zjednodušení komunikace s A/D převodníkem byla vytvořena funkce `GetADData(uchar Ch)`, která zajišťuje na základě vstupního parametru volbu správného kanálu a konfiguraci A/D převodníku. Poté přijme data odeslaná A/D převodníkem a uloží je do proměnné typu `unsigned int`. Při ukládání je třeba provést bitový posun, aby byla druhá část přijatých dat uložena korektně. Následně jsou druhým bitovým posunem odstraněna přebytečná data, která byla načtena z převodníku, a výsledná hodnota je funkcí navracena.

Obrázek 3.5: Časový průběh komunikace s A/D převodníkem v Master modu [6]



* After completing the data transfer, if further clocks are applied with \overline{CS} low, the A/D Converter will output zeros indefinitely. See Figure 5-2 below for details on obtaining LSB first data.

** t_{DATA} : during this time, the bias current and the comparator power down while the reference input becomes a high impedance node, leaving the CLK running to clock out the LSB-first data or zeros.

4 Programové vybavení

Účelem programového vybavení je jednoduše a přehledně zobrazovat naměřené hodnoty digitálním i analogovým způsobem tak, aby bylo okamžitě zřejmé, v jaké části rozsahu se měřená hodnota pohybuje. V rámci programu je možné zapnout také přepočet měřené hodnoty na libovolný rozsah hodnot jiné veličiny – tato funkce je vhodná při zpracování dat ze snímačů fyzikálních veličin, kdy nás nezajímá hodnota elektrického signálu, ale její význam při přepočtu na měřenou veličinu.

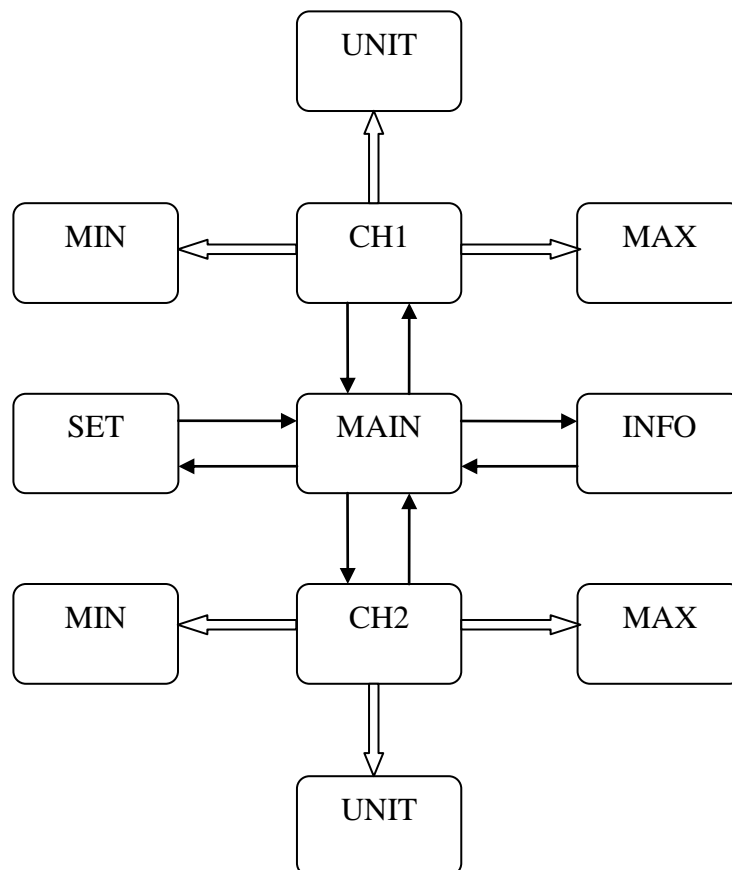
4.1 Uživatelské rozhraní

Vykreslování jednotlivých úrovní uživatelského rozhraní je realizováno pomocí stavového automatu, který zajišťuje zobrazení správné úrovně uživatelského rozhraní na základě volby pomocí tlačítek.

V jednotlivých podmenu kanálů je u každého kanálu možno měnit nastavení zobrazovaných jednotek a zobrazeného rozsahu.

Uživatelské rozhraní je překresleno pokaždé při stisku některého z tlačítek, které mění úroveň menu. V opačném případě není překreslen celý displej, ale pouze aktivní prvky, které se na něm nacházejí.

Obrázek 4.1: Struktura ovládání programu

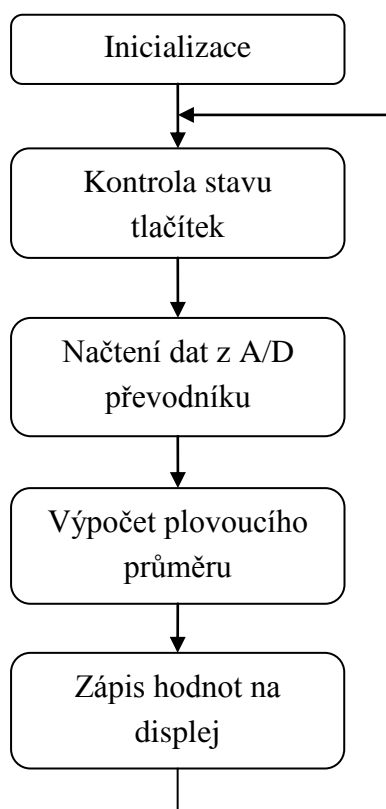


Na základní obrazovce (úroveň MAIN) je možno vidět jednotlivé snímané signály a v pravé části se nachází jednoduché menu umožňující nastavení přístroje. Nastavení je realizováno pomocí tlačítek umístěných nad displejem.

4.2 Zpracování naměřených hodnot

Z A/D převodníku jsou data vyčtena ve formátu unsigned int a nabývají hodnoty 0-4095 (12bitová informace). Pro odstranění chyb měření jsou odstraněny dva nejméně významné bity, čímž získáme 10bitovou informaci (rozsah 0-1023). Ke zpřesnění měření je využito plovoucího průměru, kterým je omezen výkyv naměřené hodnoty. V menu je možno nastavit, z kolika hodnot má být plovoucí průměr počítán. Jeho hodnota je následně dle volby uživatele přepočtena na stanovený rozsah a vypsána na displej. Zároveň je provedeno analogové zobrazení hodnoty pomocí sloupcového grafu. Tento proces probíhá nezávisle u obou kanálů, kterými A/D převodník disponuje.

Obrázek 4.2: Blokový diagram běhu programu



Závěr

V rámci této bakalářské práce bylo pomocí programu pro návrh plošných spojů EAGLE navrženo jednoduché zařízení určené k měření napětí v rozsahu 0-10V a proudu v rozsahu 4-20mA. Toto zařízení je osazeno mikrokontrolérem řady C51 a je k němu připojen maticový displej s rozlišením 128x64 obrazových bodů. Deska plošného spoje byla vyrobena a osazena potřebnými součástkami. Poté bylo zařízení oživeno a byla odzkoušena funkčnost jednotlivých částí.

Komunikace s PC je zajištěna pomocí rozhraní USB, které bylo zvoleno především kvůli absenci rozhraní RS232 na novějších počítačích. K samotnému ovládání přístroje slouží 8 uživatelských tlačítek umístěných okolo displeje a dvě systémová tlačítka (RESET a PSEN), která se používají k přepnutí mikrokontroléru do programovacího módu.

Při ožiování byla zjištěna chyba v návrhu zapojení převodníku FT232RL, která byla odstraněna přerušením vodivé cesty a připojením čipu k napájení z rozhraní USB. Byly provedeny potřebné změny ve schématu a v návrhu desky plošných spojů, vyplývající z této chyby a opravené verze lze nalézt v příloze 3 a 4.

Následně bylo vytvořeno programové vybavení zajišťující měření žádaných veličin a komunikaci přístroje s uživatelem. K jeho vytvoření bylo využito vývojové prostředí KEIL uVision3, které nabízí podporu pro tento typ procesorů a je v něm možná jak kontrola vytvořeného kódu, tak i jeho nahrání do mikrokontroléru, což značně zjednodušuje vývoj celého programu.

Vzhledem k charakteru této práce jsem při její realizaci měl možnost odzkoušet si celý životní cyklus vývoje přístroje od počátečního návrhu, přes oživení až po finální testování. Tuto zkušenost považuji za velice přínosnou a motivující.

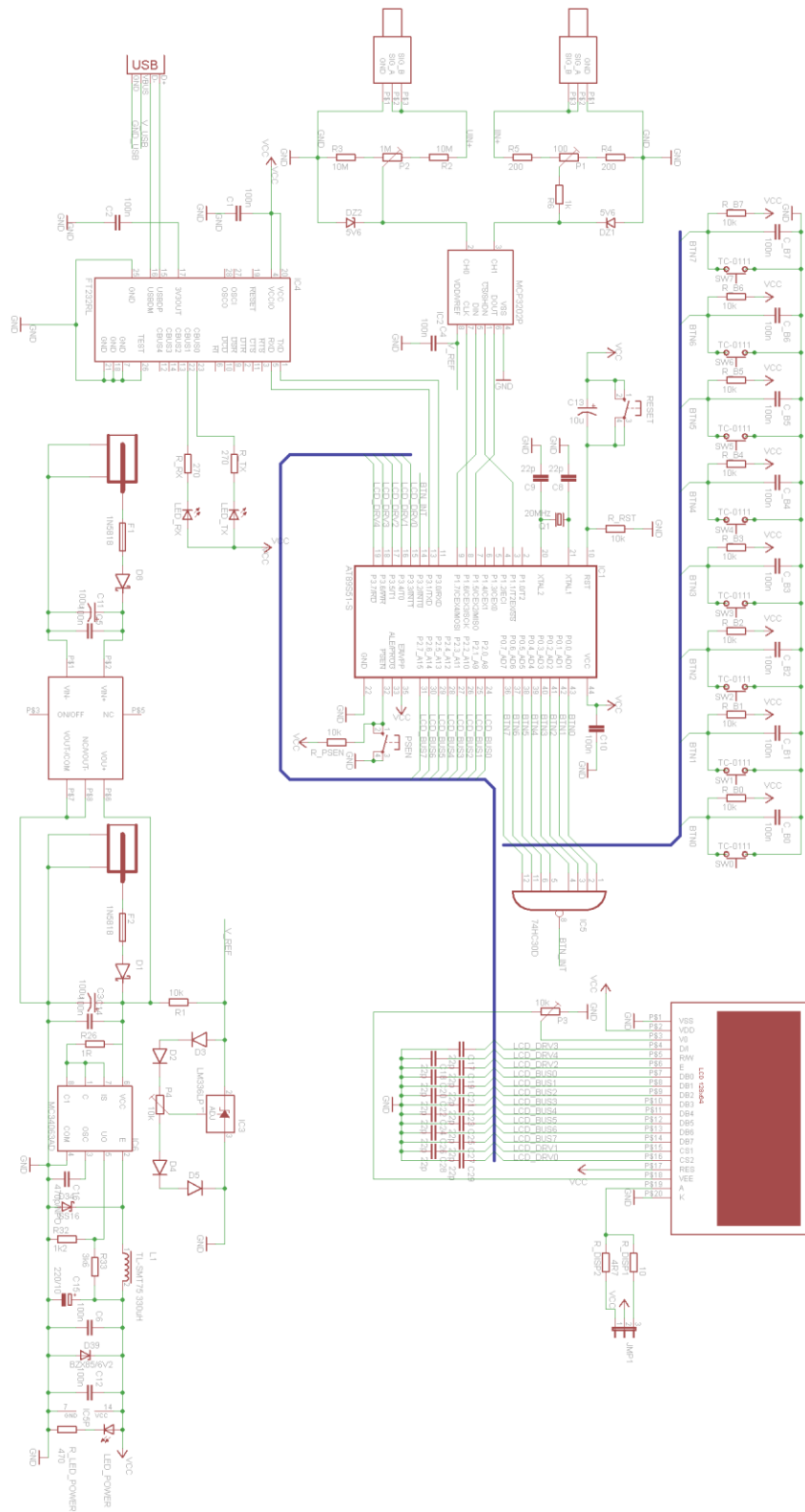
Seznam literatury

- [1] BEJČEK, L. a kol. *Měření v elektrotechnice. Skripta.* VUT FEKT, Brno
- [2] BASTIAN, P. a kol. *Praktická elektrotechnika.* EUROPA – SOBOTÁLES, Praha 2004, 296 str., ISBN 80-86706-07-9.
- [3] KESTER, W. *Practical design techniques for sensor signal conditioning.* Analog Devices, USA 1999, 366 str., ISBN-0-916550-20-6.
- [4] PECINA, J.; PECINA, P. *Měření v elektrotechnice. Skripta.* MUNI, Brno 2007
- [5] *Elektrotechnická měření.* BEN, Praha 2002, 255 str., ISBN-80-7300-022-9.
- [6] Microchip Technology Inc. *MPC3202 Datasheet* [online]. ©2006, Last update 2006-10-19 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z:
< <http://www1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21034D.pdf> >
- [7] Atmel Corporation. *AT89C51RD2/ED2 Datasheet* [online]. ©2007 Revision K, updated 5/2008 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z:
< http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc4235.pdf >
- [8] National Semiconductor. *LM336-5.0 Datasheet* [online]. ©2005 Verze June 2005
[cit. 2012-05-18]. Dostupné z:
< <http://www.gme.cz/dokumentace/dokumenty/330/330-159/dsh.330-159.1.pdf> >
- [9] *ATM12864D Datasheet* [online]. [cit. 2012-05-18]. Dostupné z:
< <http://www.gme.cz/dokumentace/dokumenty/513/513-118/dsh.513-118.1.pdf> >
- [10] Traco Power. *TMR 2412 Datasheet* [online]. Rev. 07/05.3 [cit. 2012-05-18].
Dostupné z:
< http://www2.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/150000-174999/154293-da-01-en-DC_DC_KONVERTER_TMR_2412.pdf >
- [11] Future Technology Devices International Ltd. *FT232RL Datasheet* [online]. ©2005 Version 1.04 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z:
< <http://www.gme.cz/dokumentace/dokumenty/959/959-303/dsh.959-303.1.pdf> >
- [12] Semiconductor Components Industries, LLC (ON Semiconductor). *MC34063 Datasheet* [online]. ©2010 August 2010, Rev. 23 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z:
< http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/MC34063A-D.PDF >

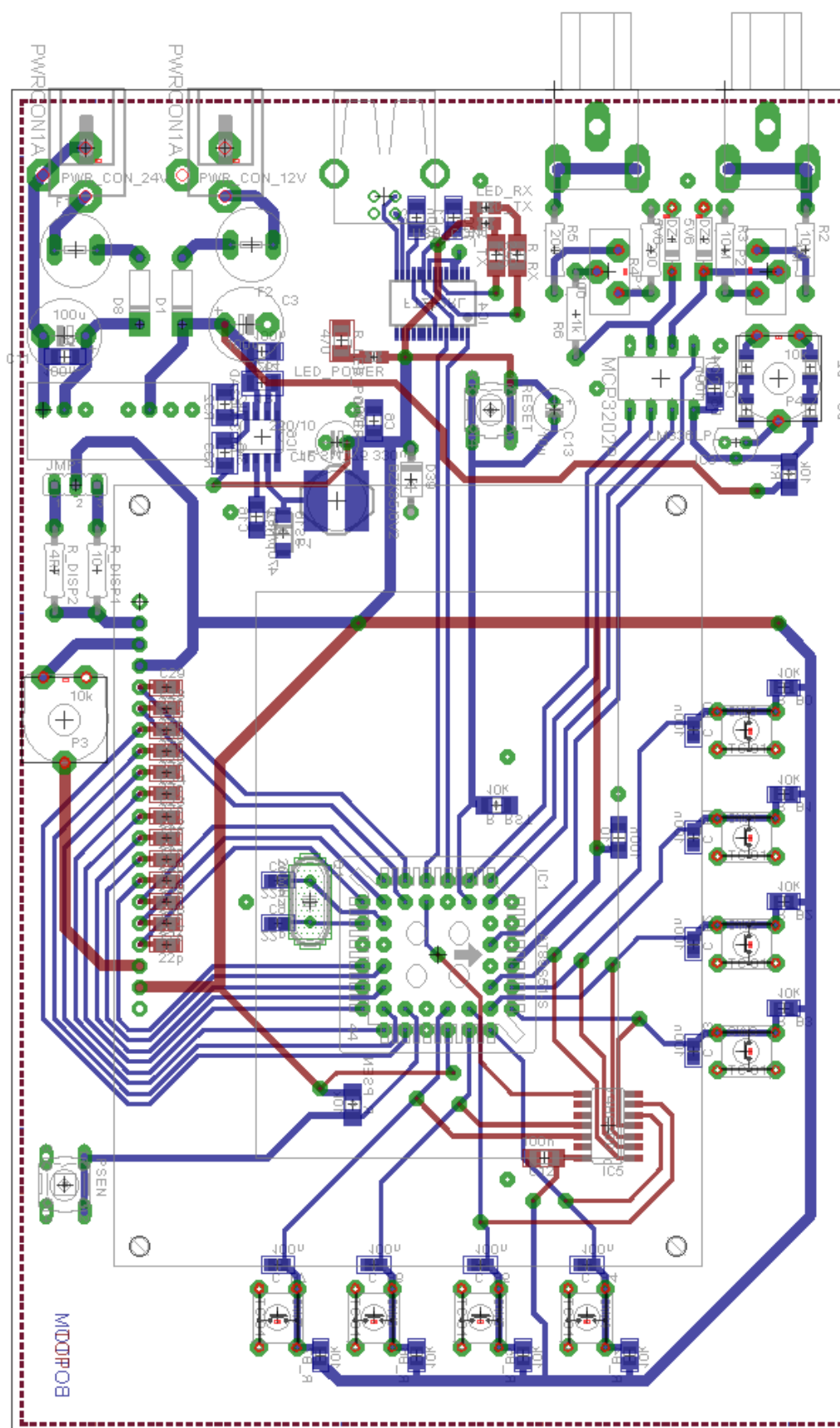
- [13] Fišer, L. *Elektromechanické měřicí přístroje* [online]. SPŠ a VOŠ Kladno. [cit. 2012-05-18]. Dostupné z:
< www.spskladno.cz/vyuka/elm/magnetoel.doc >
- [14] Kolektiv profesorů. *Feromagnetické (elektromagnetické) měřicí přístroje* [online]. 14.8.2008 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z:
< <http://elektrika.cz/data/clanky/feromagneticke-elektromagneticke-merici-pristroje> >
- [15] Kolektiv profesorů. *Elektrodynamické měřicí přístroje* [online]. 28.10.2008 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z:
< <http://elektrika.cz/data/clanky/elektrodynamicke-merici-pristroje> >
- [16] Prokeš, A. *Vzorkování a převod A/D signálů v radiotechnice* [online]. 9.12.2003 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z:
< <http://www.elektrorevue.cz/clanky/03046/index.html> >
- [17] *A/D převodník* [online]. 18.12.2011 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z:
< cs.wikipedia.org/wiki/A/D_převodník >
- [18] *Převodníky* [online]. [cit. 2012-05-18]. Dostupné z:
<http://www.e-automatizace.cz/ebooks/ridici_systemy_akcni_cleny/Prevodniky.html>
- [19] Mašláň, S. *Znaková sada pro grafické LCD* [online]. 28.12.2004 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z:
<http://elektronika.kvalitne.cz/ATMEL/necoteorie/24C16_znaksada.html>
- [20] Matoušek, D. *C pro mikrokontroléry ATMEL AT89S52*. BEN, Praha 2007, 239 str., ISBN 978-80-7300-215-9.

Přílohy

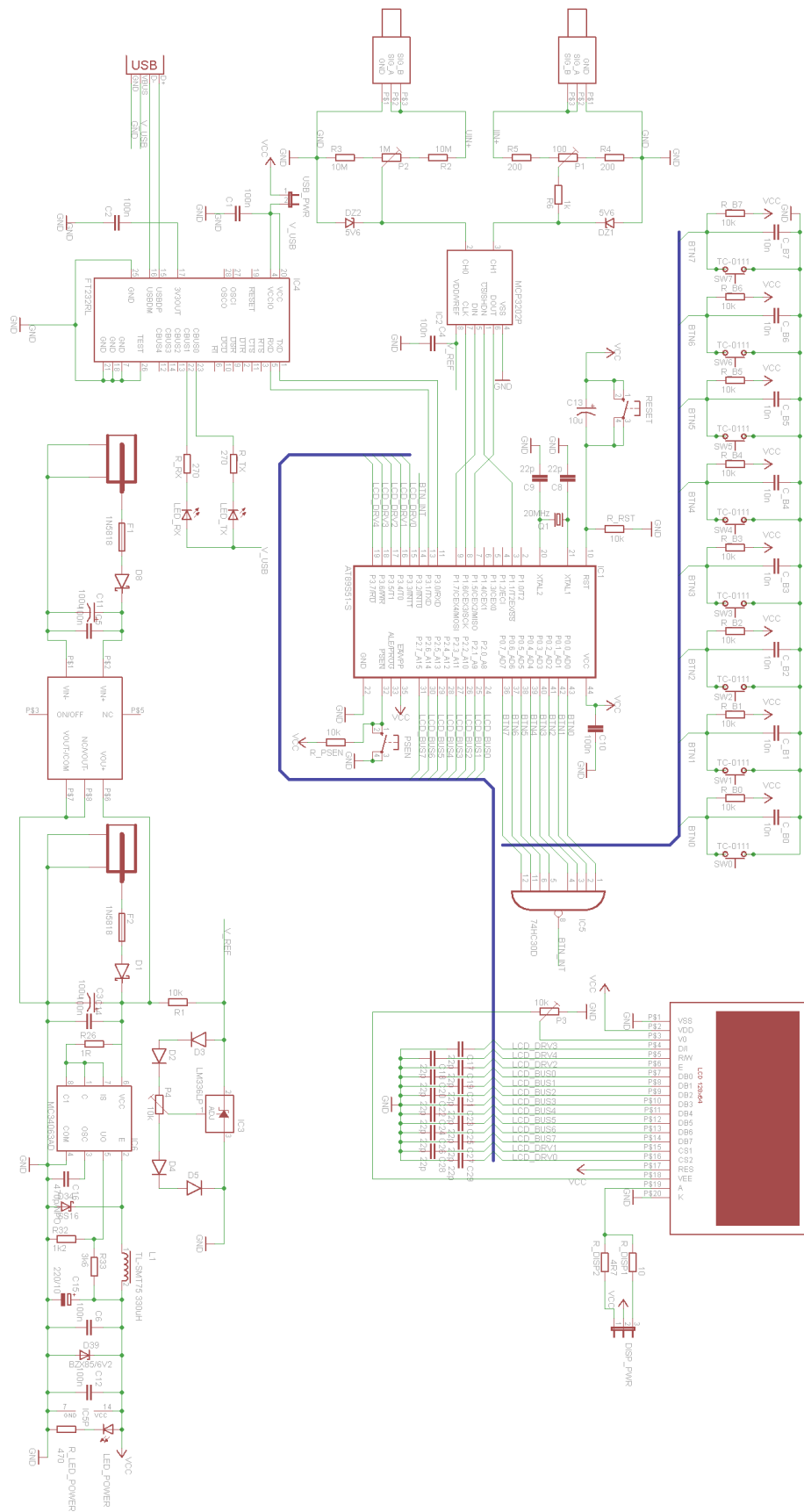
Příloha 1: Schéma zapojení desky



Příloha 2: Návrh DPS



Příloha 3: Aktualizované schéma zapojení desky



Příloha 4: Aktualizovaný návrh DPS

